

# ULTRASONIC PROBE AND DEFECT EVALUATION METHOD USING IT

Publication number: JP2002005904 (A)

Publication date: 2002-01-09

Inventor(s): AZUMA MASATAKE; KIRITO AKIHIRO +

Applicant(s): MITSUBISHI HEAVY IND LTD +

Classification:

- international: G01N29/04; G01N29/22; G01N29/44; G21C17/003; G01N29/04; G01N29/22; G01N29/44; G21C17/003; (IPC1-7): G01N29/10; G01N29/08; G01N29/22; G21C17/003

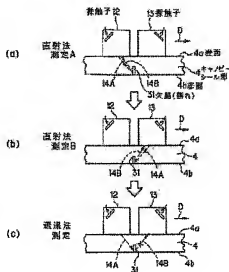
- European:

Application number: JP20000189201 20000623

Priority number(s): JP20000189201 20000623

Abstract of JP 2002005904 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an ultrasonic probe capable of detecting even an inclined defect and having high evaluation precision of the defect, and a defect evaluation method using the probe. **SOLUTION:** This ultrasonic probe is formed by providing a pair of probes 12, 13 disposed so that an ultrasonic wave entering a test object (canopy seal part) from one probe 12 is reflected by the bottom surface of the test object to generate a bottom surface echo and that the bottom surface echo is returned to the other probe 13. The ultrasonic probe is formed so that the pair of the probes are pressed on the surface of the test object by respective elastic bodies and that the pair of the probes trace the surface of the test object respectively. A first direct projection method measurement, a second direct projection method measurement and a transmission method measurement are executed by using the ultrasonic probe, and evaluation of the defect is executed based on the results. Measurement by an end part echo method or a TOFD method is also executed by raising measurement sensitivity, and the defect is also evaluated from the result.



Data supplied from the espacenet database — Worldwide

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 0 1 N 29/10	5 0 1	G 0 1 N 29/10	5 0 1 2 G 0 4 7
	5 0 7		5 0 7 2 G 0 7 5
29/08	5 0 7	29/08	5 0 7
29/22	5 0 1	29/22	5 0 1
G 2 1 C 17/003		G 2 1 C 17/00	F
		審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 10 頁)	

(21) 出願番号 特願2000-189201(P2000-189201)

(22) 出願日 平成12年6月23日(2000.6.23)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 東 正剛

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号

(72) 発明者 切東 章浩

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号

(72) 発明者 切東 章浩

三菱重工業株式会社高砂製作所内

(74) 代理人 100078499

弁護士 光石 俊郎 (外2名)

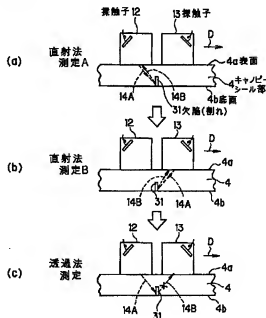
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 超音波プローブ及びこれを用いた欠陥評価方法

## (57) 【要約】

【課題】 傾いた欠陥でも検出することができ、且つ、欠陥の評価精度が高い超音波プローブ及びこれを用いた欠陥評価方法を提供する。

【解決手段】 一方の探触子12から被検体(キャンビール部)へ入射した超音波が被検体の底面で反射して底面エコーが発生し、この底面エコーが他方の探触子13へと戻ってくるように配設した一対の探触子12、13を備えて超音波プローブを構成する。また、一対の探触子を個別の弾性体により被検体の表面に押し付けて、これら一対の探触子が個別に被検体の表面に當るように構成する。そして、この超音波プローブを用いて、第1の直射法測定と第2の直射法測定と透過法測定とを行い、これらの結果に基づいて欠陥の評価を行う。更には、測定感度を上げることにより、端部エコー法又はT OFD法による測定も行い、この結果からも欠陥を評価する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一方の探触子から被検体へ入射した超音波が被検体の底面で反射して底面エコーが発生し、この底面エコーが他方の探触子へと戻ってくるように配設した一対の探触子を備えることを特徴とする超音波プローブ。

【請求項2】 請求項1に記載する超音波プローブにおいて、

一対の探触子をそれぞれ個別の弾性体の弾性力により被検体の表面に押し付けて、これら一対の探触子がそれぞれ個別に被検体の表面に置くように構成したことを特徴とする超音波プローブ。

【請求項3】 請求項1又は2に記載する超音波プローブを用いることにより、被検体の同一箇所に対して、一方の探触子から被検体へ超音波を入射して、この超音波のエコーを一方の探触子で受信する第1の直射法測定と、

他方の探触子から被検体へ超音波を入射して、この超音波のエコーを他方の探触子で受信する第2の直射法測定と、

一方の探触子から被検体へ超音波を入射して、この超音波の透過エコーを他方の探触子で受信する透過法測定とを行い、

第1の直射法測定及び第2の直射法測定の結果から何れもコーナエコーが有ることを確認し、且つ、透過法測定の結果から透過エコーが無いことを確認したときには、欠陥であると評価することを特徴とする欠陥評価方法。

【請求項4】 請求項3に記載する欠陥評価方法において、

第1の直射法測定及び第2の直射法測定の結果から何れもコーナエコーが無いことを確認し、且つ、透過法測定の結果からも透過エコーが無いことを確認したときには、傾いた欠陥であると評価することを特徴とする欠陥評価方法。

【請求項5】 請求項4に記載する欠陥評価方法において、

第1の直射法測定及び第2の直射法測定の結果から何れもコーナエコーが無いことを確認し、且つ、透過法測定の結果からも透過エコーが無いことを確認した際に、第1の直射法測定及び第2の直射法測定の結果から送信波に乱れがないことも確認して、傾いた欠陥であると評価することを特徴とする欠陥評価方法。

【請求項6】 請求項3、4又は5に記載する欠陥評価方法において、

第1の直射法測定又は第2の直射法測定の結果からコーナエコーが有ることを確認したとき、このコーナエコーが斜め方向に流れているかどうかによって、欠陥か否かを識別することを特徴とする欠陥評価方法。

【請求項7】 請求項3、4、5又は6に記載する欠陥評価方法において、

測定感度を上げることにより、端部エコー法又はTOD法による測定も行い、その結果から先端エコーが有ることを確認して欠陥であると評価することを特徴とする欠陥評価方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は超音波プローブ及びこれを用いた欠陥評価方法に関し、特にキャノピーシール部のような薄肉、狭隙な被検体を検査する場合に適用して有用なものである。

【0002】

【従来の技術】 図10は原子炉容器の上蓋部の構成図、図11は図10のA部拡大断面図、図12はキャノピーシール部の平面図（図11のB方向矢視図）、図13は図11のC部（キャノピーシール部）の拡大断面図、図14はキャノピーシール部の検査状況を示す説明図である。

【0003】 図10に示すように、原子力プラントにおける原子炉容器の上蓋1には多数の制御棒駆動装置（CRDM）2が設けている。そして、図11に示すように、制御棒駆動装置2の管台3にはキャノピーシール部4が形成されている。キャノピーシール部4はステンレス製であって、図12に示すように半径 $R_1$ が70mm程度の小さな円環状になっており、図12及び図13に示すように頂部には溶接部8を有している。また、図13に示すように、キャノピーシール部4の横断面は、半径 $R_2$ が3mm程度の非常に小さな円弧状であって、板厚 $T$ が2mm程度の薄肉となっている。

【0004】 従来、このような薄肉、狭隙なキャノピーシール部4に対して超音波探傷を行う場合には、図14に示すように、5mm角程度の超小型の探触子5を備えた超音波プローブを用いて直射法により、即ち、探触子5からキャノピーシール部4に超音波6Aを入射して、その反射波（コーナエコー）6Bを探触子5で受信することにより、キャノピーシール部4に生じた欠陥（割れ）7の検出を行っていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来の超音波プローブでは欠陥7が傾いている場合には検出することができない。つまり、図15（a）に示すように欠陥7がキャノピーシール部4の板厚方向に沿っており、且つ、図15（b）に示すように欠陥7が超音波6Aの送信方向に対して垂直であれば、欠陥7からのコーナエコー6Bが探触子5へと戻るため、欠陥7を検出することができる。しかし、図15（c）に示すように欠陥7が前記板厚方向に対して傾いている場合や、図15（d）に示すように欠陥7が前記送信方向と垂直な方向に対して傾いている場合には、欠陥7からのコーナエコー6Bが探触子5に戻ってこないため、欠陥7を検出することができない。

【0006】従って、本発明は上記の問題点に鑑み、傾いた欠陥でも検出することができ、且つ、欠陥の評価精度が高い超音波プローブ及びこれを用いた欠陥評価方法を提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する第1発明の超音波プローブは、一方の探触子から被検体へ入射した超音波が被検体の底面で反射して底面エコーが発生し、この底面エコーが他方の探触子へと戻ってくるように配設した一对の探触子を備えてなることを特徴とする。

【0008】また、第2発明の超音波プローブは、第1発明の超音波プローブにおいて、一对の探触子をそれぞれ個別の弾性体の弾性力により被検体の表面に押し付けて、これら一对の探触子がそれぞれ個別に被検体の表面に做るように構成したことを特徴とする。

【0009】また、第3発明の欠陥評価方法は、第1又は第2発明の超音波プローブを用いることにより、被検体の同一箇所に対して、一方の探触子から被検体へ超音波を入射して、この超音波のエコーを一方の探触子で受信する第1の直射法測定と、他方の探触子から被検体へ超音波を入射して、この超音波のエコーを他方の探触子で受信する第2の直射法測定と、一方の探触子から被検体へ超音波を入射して、この超音波の透過エコーを他方の探触子で受信する透過法測定を行い、第1の直射法測定及び第2の直射法測定の結果から何れもコーナエコーが有ることを確認し、且つ、透過法測定の結果から透過エコーが無いことを確認したときには、欠陥であると評価することを特徴とする。

【0010】また、第4発明の欠陥評価方法は、第3発明の欠陥評価方法において、第1の直射法測定及び第2の直射法測定の結果から何れもコーナエコーが無いことを確認し、且つ、透過法測定の結果からも透過エコーが無いことを確認したときには、傾いた欠陥であると評価することを特徴とする。

【0011】また、第5発明の欠陥評価方法は、第4発明の欠陥評価方法において、第1の直射法測定及び第2の直射法測定の結果から何れもコーナエコーが無いことを確認し、且つ、透過法測定の結果からも透過エコーが無いことを確認した際に、第1の直射法測定及び第2の直射法測定の結果から送信波に乱れがないことも確認して、傾いた欠陥であると評価することを特徴とする。

【0012】また、第6発明の欠陥評価方法は、第3、第4又は第5発明の欠陥評価方法において、第1の直射法測定又は第2の直射法測定の結果からコーナエコーが有ることを確認したとき、このコーナエコーが斜め方向に流れているかどうかによって、欠陥が否かを識別することを特徴とする。

【0013】また、第7発明の欠陥評価方法は、第3、第4、第5又は第6発明の欠陥評価方法において、測定

感度を上げることにより、端部エコー法又はTOFD法による測定も行い、その結果から先端エコーが有ることを確認して欠陥であると評価することを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づき詳細に説明する。

【0015】図1(a)、(b)は本発明の実施の形態に係る超音波プローブをキャノピーシール部に装着した状態を示す平面図及び斜視図、図2(a)、(b)は前記超音波プローブの探触子を抽出して示す平面図及び側面図、図3は前記超音波プローブの構成を詳細に示す断面図、図4は前記超音波プローブの構成を詳細に示す分解斜視図である。

【0016】また、図5は前記超音波プローブを用いた直射法及び透過法による欠陥測定の説明図、図6は前記超音波プローブを用いた透過法による傾斜欠陥測定の説明図、図7は前記直射法及び透過法による欠陥測定の結果を示す説明図、図8は前記超音波プローブを用いた端部エコー法及びTOFD法による欠陥測定の説明図、図9は前記端部エコー法及びTOFD法による欠陥測定の結果を示す説明図である。

【0017】図1に示すように、被検体であるキャノピーシール部4には本実施の形態に係る超音波プローブ1が2つ装着されている。そして、これらの超音波プローブ11は一对の探触子12、13が設けられている。なお、図示例ではキャノピーシール部4の外側だけでなく内側にも同時に探傷するため、一对の探触子12、13が超音波プローブ11の外側と内側とにそれぞれ設けられている。2つの超音波プローブ11は図示しない移動装置により保持されてキャノピーシール部4を矢印Dのように周方向に移動することにより、それぞれ約 $\sim 180^\circ$ の範囲と $180^\circ \sim 360^\circ$ の範囲とを探傷するようになっている。

【0018】図2に示すように、一对の探触子12、13は、一方の探触子12からキャノピーシール部4へ入射した超音波（以下、送信波ともいう）14Aがキャノピーシール部4の底面4bで反射して底面エコー14Bが発生し、この底面エコー14Bが他方の探触子13へと戻ってくる（探触子13に受信される）ように配設されている。なお、探触子13から超音波を入射して探触子12で底面エコーを受信するようにしてもよい。

【0019】図3及び図4に基づいて超音波プローブ11の構成を詳述すると、探触子12、13はホルダー30によって保持された2つのケーシング21内にそれぞれ挿入されており、ケーシング21の基端部（上端部）にはケーシング蓋22が固定されている。ケーシング蓋22には切り欠き部23が形成されており、この切り欠き部23にガイドチューブ24が上下動可能に挿通されている。探触子12、13に接続されたケーブル25はガイドチューブ24に挿通されてケーシング外へと引き

出され、超音波探傷器26に接続されている。

【0020】そして、探触子12、13とケーシング蓋22との間には、弾性体としてのコイルばね27がそれぞれ設けられている(なお、弾性体としてはコイルばねに限らず、他の種類のばねやゴムなどでもよい)。これらのコイルばね27は、その弾性力によって探触子12、13をそれぞれ個別にキャノピーシール部4の表面4aに押し付けている。このため、探触子12、13は、キャノピーシール部4の表面4aに多少の凹凸があっても、それぞれ個別に表面4aに就くことができる。

【0021】従って、探触子12、13がキャノピーシール部4の表面4aから浮いてしまうのを防止することができる。つまり、探触子12又は探触子13がキャノピーシール部4の表面4aから浮いてしまうと、特に、透過法測定(詳細後述)においては、キャノピーシール部4に欠陥(割れ)が生じていなくとも、透過エコーを探触子13で受信することができなくなってしまう。このため、一対の探触子12、13をそれぞれ個別のコイルばね27でキャノピーシール部4の表面4aに押し付けることにより、これら一対の探触子12、13がそれぞれ個別にキャノピーシール部4の表面4aに就くように構成している。このことにより、探触子12、13がキャノピーシール部4の表面4aから浮いてしまうのを極力防止することができ、探傷性能が向上する。

【0022】なお、図3(b)に示すように、超音波プローブ11をキャノピーシール部4の表面4aから離したとき、探触子12、13がケーシング21から飛び出してしまうのを防止するため、探触子12、13の先端部(下端部)には切り欠き部28を形成し、且つ、これに対応してケーシング21の先端部(下端部)の内面には突部29を形成することにより、探触子12、13がある程度ケーシング21(ホルダ30)から出たところで切り欠き部28が突部29に当接するようになっている。

【0023】そして、本実施の形態では上記構成のマルチ超音波プローブ11を用いることにより、キャノピーシール部4の同一箇所に対して、図5(a)、(b)、(c)に示すような直射法による測定Aと直射法による測定Bと透過法による測定3通りの測定を行う。

【0024】即ち、図5(a)に示すように直射法測定Aでは、一方の探触子12からキャノピーシール部4へ超音波14を入射して、この超音波14のエコー14Bを一方の探触子12で受信する。図5(b)に示すように直射法測定Bでは、他方の探触子13からキャノピーシール部4へ超音波14Aを入射して、この超音波14のエコーを他方の探触子13で受信する。図5(c)に示すように透過法測定では、一方の探触子12からキャノピーシール部4へ超音波14Aを入射して、この超音波の透過エコー(底面エコー)14Bを他方の探触子13で受信する。

【0025】透過法測定では、キャノピーシール部4に欠陥(割れ)31が発生していないときには、超音波14Aがキャノピーシール部4内を透過するため、透過エコー(底面エコー)14Bが探触子13によって受信される(図6(a)参照)。一方、キャノピーシール部4に欠陥31が発生しているときには、この欠陥31に遭られて超音波14Bが透過しない(又は透過量が大きく減少する)ため、探触子13において透過エコー14Bを全く(又は僅かにしか)受信することができない。従って、このときの測定結果から透過エコー14Bが無い(僅かに無い場合も含む)を確認することにより、欠陥31が発生していると判断することができる。

【0026】しかも、この透過法測定では、図6(b)に示すように欠陥31が板厚方向に対して傾いている場合にも、欠陥31によって超音波14Aが遮られるため、図6(e)に示すように透過エコー14Bのエコー高さ(受信強度)が、図6(d)に示す健全なときのエコー高さに比べて、大幅に低減する。同様に、図6(c)に示すように欠陥31が超音波送信方向と垂直な方向に対して傾いている場合にも、欠陥31によって超音波14Aが遮られるため、図6(f)に示すように透過エコー14Bのエコー高さが大幅に低減する。なお、図6(d)、(e)、(f)は縦軸がエコー高さ、横軸が超音波ビームのビーム路程(時間)である。

【0027】従って、この透過法測定によれば、欠陥31が傾いていない場合は勿論、傾いている場合にも、欠陥31を検出することができる。

【0028】なお、上記のよう直射法測定A、直射法測定B、透過法測定の測定モード切り換えは超音波探傷器26によって行う。超音波探傷器26では、1msec程度の非常に短い周期で探触子12又は探触子13から超音波パルスを発信させ、このタイミングに合わせて上記の測定モード切り換えも行う。このため、超音波プローブ11を連続的に移動させながら探傷を行った場合でも、実質的にキャノピーシール部4の同一箇所に対して上記3通りの測定が行われることになる。

【0029】続いて、これら3通りの測定結果に基づいて欠陥評価を行う。図7(a)、(b)には直射法測定Aの結果を例示し、図7(c)、(d)には直射法測定Bの結果を例示し、図7(e)、(f)には透過法測定の結果を例示する。なお、図7(a)、(c)、(d)は縦軸が探触子12、13の移動方向(円周方向)、横軸が超音波ビームのビーム路程(時間)である。また、図7(b)、(d)、(f)は縦軸がエコー高さ、横軸が超音波ビームのビーム路程(時間)である。

【0030】そして、キャノピーシール部4の同一箇所に対して、直射法測定A及び直射法測定Bの結果から何れもコーナエコーa、bがあることを確認し、且つ、透過法測定の結果から透過エコー(底面エコー)cが無いことを確認したときには、欠陥31である(欠陥の可能

性大)と評価する。即ち、キャノピーシール部4の当該箇所に欠陥31が発生している(発生の可能性大)と評価する。

【0031】このように、直射法測定Aと直射法測定Bと透過法測定3の3通りの結果に基づいて欠陥評価を行うため、精度の高い欠陥評価を行うことができる。更には、探傷時間の短縮を図ることもできる。

【0032】また、図示は省略するが、直射法測定A及び直射法測定Bの結果から何れもコーナエコーa、bが無いことを確認し、且つ、透過法測定の結果からも透過エコーcが無いことを確認したときには、傾いた欠陥31である(傾いた欠陥の可能性大)と評価する。

【0033】このことにより、傾いた欠陥31の評価を行うこともでき、また、直射法測定Aと直射法測定Bと透過法測定3の3通りの結果に基づいて欠陥評価を行うため、精度の高い欠陥評価を行うことができる。

【0034】更には、上記のように直射法測定A及び直射法測定Bの結果から何れもコーナエコーa、bが無いことを確認し、且つ、透過法測定の結果からも透過エコーcが無いことを確認した際に、直射法測定A及び直射法測定Bの結果から送信波に乱れがないことも確認して、傾いた欠陥31である(傾いた欠陥の可能性大)と評価する。

【0035】つまり、直射法測定A又は直射法測定Bの結果から送信波に乱れがあることを確認したときには、欠陥31ではなく探触子12又は探触子13の浮きの可能性がある。そこで、単に、直射法測定A及び直射法測定Bの結果から何れもコーナエコーa、bが無いことを確認し、且つ、透過法測定の結果からも透過エコーcが無いことを確認したときに傾いた欠陥31であると評価するのではなく、更に、直射法測定A及び直射法測定Bの結果から送信波に乱れがないことを確認したうえで傾いた欠陥31であると評価する。

【0036】このことによって、より確実に傾いた欠陥31の評価を行うことができる。なお、送信波の乱れは、探触子12から超音波を入射した後、最初に探触子12で受信されるエコーに乱れがあるか否かをみることによって確認することができる。つまり、探触子12から超音波を入射すると、この送信波の一部が直ぐにキャノピーシール部4の表面4aなどで反射して最初のエコーが受信されるが、探触子12に浮きが生じたときには、送信波に乱れが生じることより、この最初の実受エコーが乱れるため、送信波(最初の実受エコー)が乱れているか否かを確認すれば、超音波を入射したときに探触子12が浮いていた(キャノピーシール部4の表面4aから離れていた)か否かを判断することができる。

【0037】また、直射法測定A又は直射法測定Bの結果からコーナエコーa又はbが有ることを確認したとき、このコーナエコーa又はbが斜め方向に流れているかどうかによって、欠陥31か否かを識別する。即ち、

図7(a)、(c)に示すように、コーナエコーa、bが斜めに流れている場合には、キャノピーシール部4の底面4bの微小な窪みなどによって発生した疑似エコーではなく、欠陥エコーであると判断することができる。

【0038】なお、直射法測定Aにおけるコーナエコーaが図7(a)のように流れるのは、図5(a)に示すように探触子12では移動方向(矢印D)に超音波を入射して欠陥31を探索するので、探触子12の移動にしたがってビーム路程(探触子12と欠陥31の距離)が徐々に短くなるためである。一方、直射法測定Bにおけるコーナエコーbが図7(c)のように流れるのは、図5(b)に示すように、探触子13では反移動方向に超音波を入射して欠陥31を探索するので、探触子13が移動するにしたがってビーム路程(探触子13と欠陥31の距離)が徐々に長くなるためである。

【0039】更には、上記のような基本探傷に加えて、測定感度を上げることにより、端部エコー法による測定やTOFD(Time of Flight Diffraction)法による測定も行う。

【0040】即ち、図8(a)に示すように端部エコー法測定Aでは、一方の探触子12からキャノピーシール部4へ超音波14Aを入射して、この超音波14Aが欠陥31の先端部31aに到達したときに発生する回折波(端部エコー)14Bを一方の探触子12で受信する。図8(b)に示すように端部エコー法測定Bでは、他方の探触子13からキャノピーシール部4へ超音波14Aを入射して、この超音波14Aが欠陥31の先端部31aに到達したときに発生する回折波(端部エコー)14Bを他方の探触子12で受信する。図8(c)に示すようにTOFD法測定では、一方の探触子12からキャノピーシール部4へ超音波14Aを入射して、この超音波14Aが欠陥31の先端部31aに到達したときに発生する回折波(端部エコー)14Bを他方の探触子13で受信する。

【0041】図9(a)、(b)には端部エコー法測定Aの結果を例示し、図9(c)、(d)には端部エコー法測定Bの結果を例示し、図9(e)、(f)にはTOFD法測定の結果を例示する。なお、図9(a)、(c)、(d)は縦軸が探触子12、13の移動方向(円周方向)、横軸が超音波ビームのビーム路程(時間)である。また、図9(b)、(d)、(f)は縦軸がエコー高さ、横軸が超音波ビームのビーム路程(時間)である。

【0042】そして、キャノピーシール部4の同一箇所に対して、端部エコー法測定A、端部エコー法測定B、TOFD法測定の結果から先端エコーd、e、fが有ることを確認して欠陥31であると評価する。このことにより、基本探傷だけを行う場合に比べて、更に確実に欠陥31を評価することができる。

【0043】なお、上記の直射法測定A、直射法測定B

及び透過法測定に基づく基本的な欠陥評価や、端部エコー法測定A、端部エコー法測定B及び透過法測定に基づく欠陥評価は、作業員がこれらの測定結果を見て行うが、必ずしもこれに限定するものではなく、これらの測定結果を何らかの信号処理手段により信号処理することによって行うようにしてもよい。

#### 【0044】

【発明の効果】以上、発明の実施の形態とともに具体的に説明したように、第1発明の超音波プローブは、一方の探触子から被検体へ入射した超音波が被検体の底面で反射して底面エコーが発生し、この底面エコーが他方の探触子へと戻ってくるように配設した一対の探触子を備えてなることを特徴とする。

【0045】従って、この第1発明の超音波プローブによれば、透過法による測定を行うことができるため、傾いた欠陥も検出することができる。また、透過法測定だけでなく直射法測定も同時に行うことができるため、探傷精度が向上し、また、探傷時間の短縮を図ることもできる。

【0046】また、第2発明の超音波プローブは、第1発明の超音波プローブにおいて、一対の探触子をそれぞれ個別の弾性体の弾性力により被検体の表面に押し付け、これら一対の探触子がそれぞれ個別に被検体の表面に倣うように構成したことを特徴とする。

【0047】従って、この第2発明の超音波プローブによれば、探触子の浮きを防止することができるため、探傷性能が向上する。

【0048】また、第3発明の欠陥評価方法は、第1又は第2発明の超音波プローブを用いることにより、被検体の同一箇所に対して、一方の探触子から被検体へ超音波を入射して、この超音波のエコーを一方の探触子で受信する第1の直射法測定と、他方の探触子から被検体へ超音波を入射して、この超音波のエコーを他方の探触子で受信する第2の直射法測定と、一方の探触子から被検体へ超音波を入射して、この超音波の透過エコーを他方の探触子で受信する透過法測定とを行い、第1の直射法測定及び第2の直射法測定の結果から何れもコーナエコーが有ることを確認し、且つ、透過法測定の結果から透過エコーが無いことを確認したときには、欠陥であると評価することを特徴とする。

【0049】従って、この第3発明の欠陥評価方法によれば、第1の直射法測定と第2の直射法測定と透過法測定の3通りの結果に基づいて欠陥評価を行うため、精度の高い欠陥評価を行うことができる。更には、探傷時間の短縮を図ることもできる。

【0050】また、第4発明の欠陥評価方法は、第3発明の欠陥評価方法において、第1の直射法測定及び第2の直射法測定の結果から何れもコーナエコーが無いことを確認し、且つ、透過法測定の結果からも透過エコーが無いことを確認したときには、傾いた欠陥であると評価

することを特徴とする。

【0051】従って、この第4発明の欠陥評価方法によれば、傾いた欠陥の評価を行うこともでき、また、第1の直射法測定と第2の直射法測定と透過法測定の3通りの結果に基づいて欠陥評価を行うため、精度の高い欠陥評価を行うことができる。

【0052】また、第5発明の欠陥評価方法は、第4発明の欠陥評価方法において、第1の直射法測定及び第2の直射法測定の結果から何れもコーナエコーが無いことを確認し、且つ、透過法測定の結果からも透過エコーが無いことを確認した際に、第1の直射法測定及び第2の直射法測定の結果から送信波に乱れがないことを確認したときには、傾いた欠陥であると評価することを特徴とする。

【0053】従って、この第5発明の欠陥評価方法によれば、より確実に傾いた欠陥の評価を行うことができる。

【0054】また、第6発明の欠陥評価方法は、第3、第4又は第5発明の欠陥評価方法において、第1の直射法測定又は第2の直射法測定の結果からコーナエコーが有ることを確認したとき、このコーナエコーが斜め方向に流れているかどうかによって、欠陥が否かを識別することを特徴とする。

【0055】従って、この第6発明の欠陥評価方法によれば、欠陥エコーと疑似エコーの識別を行うことができる。

【0056】また、第7発明の欠陥評価方法は、第3、第4、第5又は第6発明の欠陥評価方法において、測定感度を上げることにより、端部エコー法又はTOD法による測定も行い、その結果から先端エコーが有ることを確認して欠陥であると評価することを特徴とする。

【0057】従って、この第7発明の欠陥評価方法によれば、上記のような基本探傷だけを行う場合に比べて、更に確実に欠陥を評価することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明の実施の形態に係る超音波プローブをキャノピーシール部に装着した状態を示す平面図、(b)は本発明の実施の形態に係る超音波プローブをキャノピーシール部に装着した状態を示す斜視図である。

【図2】(a)は前記超音波プローブの探触子を抽出して示す平面図、(b)は前記超音波プローブの探触子を抽出して示す断面図である。

【図3】前記超音波プローブの構成を詳細に示す断面図である。

【図4】前記超音波プローブの構成を詳細に示す分解斜視図である。

【図5】図5は前記超音波プローブを用いた直射法及び透過法による欠陥測定の説明図である。

【図6】前記超音波プローブを用いた透過法による傾斜

欠陥測定の説明図である。

【図7】前記直射法及び透過法による欠陥測定の結果を示す説明図である。

【図8】前記超音波プローブを用いた端部エコー法及びTOFD法による欠陥測定の説明図である。

【図9】前記端部エコー法及びTOFD法による欠陥測定の結果を示す説明図である。

【図10】原子炉容器の上蓋部の構成図である。

【図11】図10のA部拡大断面図である。

【図12】キャノピーシール部の平面図である。

【図13】図11のC部（キャノピーシール部）の拡大断面図である。

【図14】キャノピーシール部の検査状況を示す説明図である。

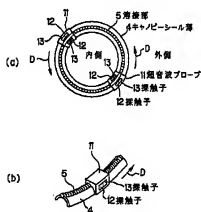
【図15】従来の超音波プローブの問題点を示す説明図

である。

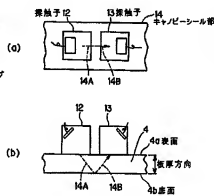
【符号の説明】

- 11 超音波プローブ
- 12 探触子
- 13 探触子
- 21 ケーシング
- 22 ケーシング蓋
- 23 切り欠き部
- 24 ガイドチューブ
- 25 ケーブル
- 26 超音波探傷器
- 27 コイルばね
- 28 切り欠き部
- 29 突部
- 30ホルダー

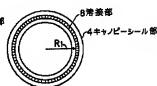
【図1】



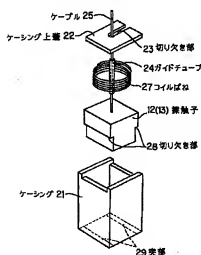
【図2】



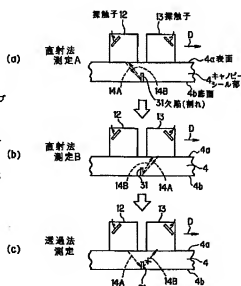
【図12】



【図4】

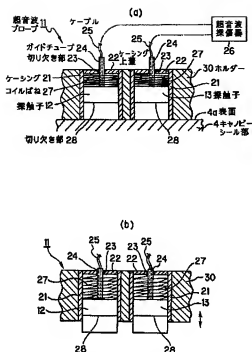


【図5】

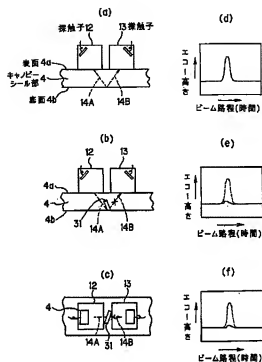




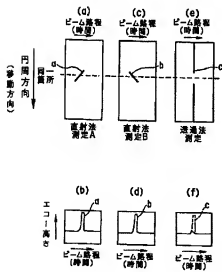
【図3】



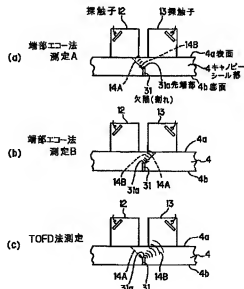
【図6】



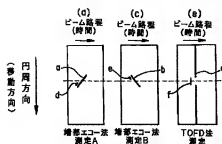
【図7】



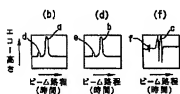
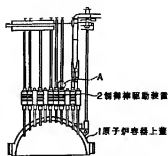
【図8】



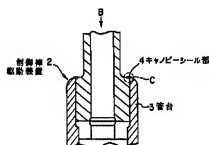
【图9】



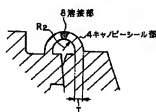
【图10】



【图 11】

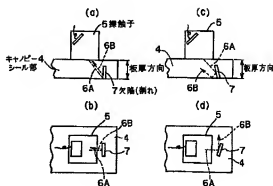
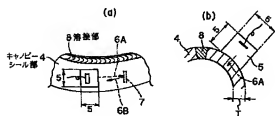


【图13】



【图15】

【图14】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G047 AA06 AB07 AC02 BA01 BA03  
BC09 EA10 GA06  
2G075 CA04 DA16 FA16 FA20 FB16  
FB20